

廃棄物埋立地浸出水の処理対策とその水圏生態系に及ぼす影響に関する研究

著者	鄭 明淑
号	2013
発行年	1996
URL	http://hdl.handle.net/10097/7286

		Jung	Myung	Sook
氏 名		鄭	明	淑
授 与 学 位		博士（工学）		
学位 授与 年月日		平成9年3月25日		
学位授与の根拠法規		学位規則第4条第1項		
研究科、専攻の名称		東北大学大学院工学研究科（博士課程）土木工学専攻		
学位 論文 題目		廃棄物埋立地浸出水の処理対策とその水圏生態系に及ぼす影響に関する研究		
指 導 教 官		東北大学教授 須藤 隆一		
論文 審査 委員		主査	東北大学教授 須藤 隆一	東北大学教授 野池 達也
			東北大学教授 大村 達夫	東北大学助教授 徐 開欽

論 文 内 容 要 旨

近年、人間の活動に起因して生じた廃棄物および汚泥の処理・処分の多くは埋立処分に依存していることから、それに伴って生じる埋立地浸出水による河川、湖沼、内湾の水質汚濁、地下水汚染などが発生し、大きな社会問題になってきている。しかも高度な生産技術の進歩に伴い、排出される廃棄物はその量が増加するばかりでなく、多くの化学物質を含み、多種多様化してきている。よって埋立地浸出水の水質問題は有機汚濁及び富栄養化から、水銀やカドミウム等の重金属や有機合成化合物など、その量は微量であっても変異原性や発ガン性を有する化学物質による汚染が新たな環境問題となりつつある。これらの背景のもと、浸出水処理を効果的に進めていくために、新しい浸出水処理技術の開発およびどのような手法が浸出水処理にとって有効であるのかを明らかにすることは、環境保全上極めて意義深い。しかし、従来、浸出水の処理は生物学的処理と物理化学的手法が併用されているが、効果があまりなく、十分に処理するために多大な設備、管理費用を要している。また、埋立地浸出水の処理を行うにあたり、それが環境にどのような影響を及ぼすのか、そのインパクトはどの程度なのか、そして、なにをどこまで除去すれば環境への影響が軽減できるのかを十分に把握した上で最適な処理プロセスを設定する必要がある。なぜならば、浸出水中には種々の有害物質が複合して含まれており、その中には有害性があっても規制の対象となっていない未規制物質も含まれている可能性が高い。これは様々な化学物質による相加作用、相乗作用、拮抗作用に起因する全く異なった性質を表す物質の生成等の様々な現象のために既存の化学分析では多様な化学物質に内在する有害性の適切な評価が非常に困難である。また、廃棄物処分場からの浸出水の場合には廃棄物組成の把握が困難なことも多く、含有物質の定量はおろか定性分析すら困難な場合がある。水環境の質的安全性を高めるためには分析手段が確立している有害物質以外に、化学分析では簡単に決められない物質についても、その汚染状況の把

握と、その除去対策が必要となる。本研究では、廃棄物や廃棄物埋立地浸出水の現状を把握した上で、浸出水の効率的な処理技術の開発およびその処理特性の検討、浸出水とその処理水が水圏生態系に及ぼす影響評価を行うことを目的として、廃棄物埋立地浸出水に関する既往の研究をレビューし、日本と韓国の廃棄物および廃棄物埋立地浸出水に関する現況、問題点を上げ比較・検討を行った。その上で、新しい埋立地浸出水の高度処理方法—微生物活性炭流動床及びオゾン酸化法を組み合わせたハイブリッド型高度処理プロセスの開発を行い、その処理性能の検討を行った。さらに、埋立地浸出水原水とその処理水が実際の水圏生態系に及ぼす影響を評価するために、いくつかの単一生物のバイオアッセイ試験と微生物混合培養系のモデルエコシステムであるマイクロコズム試験による検討を行った。本論文は全編 8 章からなる。各章の概要は以下の通りである。

第 1 章 総論

第 1 章「総論」では、本研究の背景と目的及び本論文の構成について述べた。

第 2 章 廃棄物埋立地浸出水に関する既往の研究

第 2 章「廃棄物埋立地浸出水に関する既往の研究」では現在、浸出水処理で最も多く、利用されている廃棄物の処理・処分方法及び埋立地浸出水の特性とその処理に関する既往の研究を考察し、本研究の課題を整理した。

第 3 章 日本及び韓国における廃棄物及び浸出水の比較

第 3 章「日本及び韓国における廃棄物及び浸出水の比較」では、日韓の廃棄物発生量の推移、廃棄物の性状と処分の動向を中心として両国の廃棄物の現況を比較・検討することで、将来、埋立地浸出水処理に対する高度処理技術及び環境影響の評価方法の開発および必要性についてまとめた。その結果、日韓間の廃棄物及び埋立地浸出水の発生量と性状の比較研究において、廃棄物の発生量は、減量化や再利用の対策がとられ、両国とも若干減少の傾向があること；廃棄物の処理において日本では 70% 以上の高い焼却率があるが、韓国では逆に 80% 以上はそのまま埋立てられていること；埋立地浸出水については、日本では焼却による難分解性物質及び微量有害物質や有機塩素化合物、高濃度の塩分などの問題が重要な課題になっているのに対し、生ごみの埋立率が高い韓国では高濃度の有機汚濁物質と悪臭の処理が当面の問題になっていること；浸出水の未規制化学物質を含めた微量化学物質の分析について、日本では、積極的に進めており、また、それによる水圏生態系及び人間に及ぼす影響の研究も進行中であるのに対し、韓国では、まだ手をつけていない状況であること等が明らかになった。

第 4 章 廃棄物埋立地浸出水の高度処理システムの開発

第 4 章「廃棄物埋立地浸出水の高度処理システムの開発」では、埋立地浸出水を効率よく省エネルギー的に処理できるハイブリッド型高度処理プロセスを開発するために、微生物活性炭流動床法およびオゾン酸

化法を組み合わせ、最適な処理フローを明らかにし、その処理性能の評価ができた。微生物活性炭流動床法は難分解性有機物および窒素の除去に安定で効果的であること；活性炭1g当りの有機物除去量、有機物に関する物質収支、走査電子顕微鏡による活性炭表面の観察、HRTの影響から本プロセスは活性炭における物理化学的な吸着だけでなく、生分解が連動することによって難分解性有機物が分解除去されていること；オゾン酸化処理は埋立地浸出水中の難分解性有機物を生物分解性の高い有機物に変化させることが認められた。また、オゾン酸化を微生物活性炭流動床の中間処理として組み込むと、前処理時に比べ、DOCおよびCODの除去率は約10%上昇し、埋立地浸出水中の難分解性有機物を効率よく易分解化し、オゾン酸化前処理時の1/3のオゾン注入率でほぼ同等のDOC除去率が得られ、オゾン注入率の削減に貢献していること等が明らかになった。

第5章 Microtox 試験による埋立地浸出水の影響評価

第5章「Microtox 試験による埋立地浸出水の影響評価」では、埋立地浸出水の水環境への影響を分解者であり、海洋に棲息する発光細菌を用いて評価した。さらに数種類の処理水にも同様の試験で評価することにより、環境への影響の度合いがどの程度軽減できたかを検討した。その結果、埋立地浸出watersの発光阻害率は73.4%， EC_{50} は6.7%で強毒性を示し、浸出水原水がそのまま自然生態系に放流された場合その影響が大きいこと；一方開発したハイブリッド処理プロセスの処理水の発光阻害率が20%以下であり、浸出水原水に比べその影響は著しく小さいこと；オゾン酸化処理後の処理水の発光阻害が著しく減少したことがわかった。さらに、処理水を濃縮かけて同様な実験を行ったところ、処理水の毒性は潜在毒性として存在していることが確認された。このように、発光細菌を用いたMicrotox試験は、従来の理化学的分析と比べ、水環境の安全性を確保するためのバイオアッセイとして、迅速、簡易かつ経済的で、浸出水中の総合的な毒性評価並びに水圏生態系に及ぼす影響を予め予測・解析する手法として有効であることが示唆された。

第6章 水生生物試験による埋立地浸出水の影響評価

第6章「水生生物試験による埋立地浸出水の影響評価」では、生態系の一次生産者である藻類と一次消費者であるミジンコに及ぼす急性、慢性影響を遊泳および繁殖阻害試験より埋立地浸出水とその処理水が水圏生態系に及ぼす影響を明らかにした。藻類増殖試験を取り上げ廃棄物浸出水及びその処理水の潜在的生態影響及び処理水の処理効果について検討を行ったところ、浸出水原水における藻類の増殖量は*Selenastrum capricornutum*を用いた場合、最大で3,000mg/l、*Microcystis aeruginosa*の場合、最大で2,000mg/lであり、 EC_{50} を示す原水の割合は*S. capricornutum*が2.9%、*M. aeruginosa*が8.7%であること；浸出水を生物活性炭処理した処理水は、藻類増殖への影響を著しく軽減し、とくに、オゾン酸化を中間に組み込んだ生物活性炭からの処理水の影響が小さいことがわかった。ミジンコ (*Daphnia magna*) の遊泳および繁殖阻害試験においては、*D. magna*の遊泳阻害に及ぼす埋立地浸出水原水のNOEC（全く遊泳阻害を与えない最高濃度）、LOEC（100%遊泳阻害させる最低濃度）、 EC_{50} はそれぞれ2.5%、10%、6.0%であり、埋立地浸出水原水が生物にかなり強い毒性を持つこと；それに対してオゾン酸化など微生物活性炭流動床処

理を施した3種類の処理水のなかで単純に微生物活性炭処理水系のみのEC₅₀が87%を示したが、その他の処理水は*D. magna*の遊泳阻害に影響がないことが明らかになった。*D. magna*の繁殖阻害に及ぼす埋立地浸出水原水の影響が大きく、原水濃度が増加すればするほど、産仔の死亡数が増加し、体長も小さくなる傾向がみられ、12.5%になると全部死滅すること；それに対し処理水を用いた系では、対照系より1.2倍～1.3倍程度の総生産産仔量と体長を示し、希釈濃度による産仔生成の影響はないことが認められた。しかし、浸出水原水、オゾン前処理プロセスと中間処理プロセスの処理水の系の生産産仔の死亡率や卵など非正常産仔の増加が見られた。このことから、浸出水を希釈しても、高度な処理をしても、生物の繁殖にわずかではあるが、何らかの潜在的な毒性が残っている可能性があることが示唆された。埋立地浸出水とその処理水の*D. magna*の遊泳阻害および繁殖に及ぼす影響は必ずしもある特定の物質との関係があるとは限らず、複合毒性物質に起因する可能性があること等が明らかになった。

第7章 マイクロコズムを用いた埋立地浸出水の水圏生態系への影響評価

第7章 「マイクロコズムを用いた埋立地浸出水の水圏生態系への影響評価」では、水圏生態系に及ぼす影響としてモデル生態系であるマイクロコズムを用い、構成生物に及ぼす浸出水の影響評価を行なった。その結果、埋立地浸出水原水が水圏微生物生態系のマイクロコズムの構成生物に及ぼす影響は浸出水0.5%添加で影響がみられなかったが、5%でその毒性が急激に増加したこと；埋立地浸出水をオゾン中間微生物活性炭流動床処理すると水圏生態系を構成する微生物群に影響を及ぼし得る微量有害物が除去されて影響が軽減されること；構成生物生態系が安定期より、立ち上がりの初期に対する浸出水の影響の方が大きいことが明らかになった。混合試験系であるマイクロコズム試験では、ミジンコのような単一種を用いた毒性試験の影響ランキング結果と異なり、特に処理水の場合、単一種を用いた毒性試験より強い毒性が現れた。このことから、単一の生物を用いたバイオアッセイ実験による評価も必要であるが、実際自然生態系により近い混合試験系のマイクロコズムシステムによる評価との組み合わせが必要であることが示唆された。

第8章 総括および展望

第8章では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題および展望を述べた。

審査結果の要旨

廃棄物の最終処分は埋立に依存しているため、埋立地浸出水による河川、湖沼、内湾の汚濁、および地下水汚染が発生し、大きな社会問題になっている。最近の生産技術の高度化および生活の利便化が廃棄物の増大と多様化を招き、浸出水には難分解性有機物やアンモニア性窒素の他に発がん性および変異原性等を有する化学物質を含む可能性が高い。このため、回転円板法などの従来の処理技術では不十分で、新たな高度処理技術を開発し、その処理水の環境影響を評価する必要がある。

本論文は、これらの課題に対応するため、まず廃棄物および埋立地浸出水の現況を把握したうえで、オゾン酸化法を組み込んだ微生物活性炭流動床法を開発し、その処理性能の検討を行なうとともに、バイオアッセイを通して処理水の水圏生態系への影響を評価した成果を取りまとめたもので、全編8章より構成される。

第1章は、総論であり、本研究の背景と目的が示してある。

第2章では、廃棄物の埋立処分方法および埋立地浸出水の特性とその処理に関する研究の現況、および今後取り組むべき研究課題について示している。

第3章では、わが国および韓国の廃棄物発生量の推移、廃棄物の性状と処分方法および埋立地浸出水の水質を比較検討し、その相違を明らかにしたうえで、浸出水の高度処理技術開発の必要性を示している。

第4章では、埋立地浸出水の微生物活性炭流動床およびオゾン酸化法を組み合わせた処理システムを開発し、その処理性能が極めて優れていることを実証している。これは有用な成果である。

第5章では、発光細菌を用いたMicrotox試験によって、オゾン中間処理の処理水が発光阻害を最小化させることを確認している。これは有用な知見である。

第6章では、埋立地浸出水の藻類増殖およびミジンコの遊泳と繁殖に与える影響を調べ、高度処理によって影響は著しく軽減することを示している。これも有用な成果である。

第7章では、生産者・消費者・分解者、それぞれ数種で構成されたマイクロコズムにおける個体群の動態によって高度処理の効果を究明し、単一の生物よりも影響が強く現れることを示すとともに、生態系影響評価の重要性を強調している。これは特に重要な成果である。

第8章は、総括と展望である。

以上要するに本論文は、オゾン酸化を組み込んだ微生物活性炭流動床法を開発し、処理による水圏生態系影響の軽減効果を検討した成果を示したもので、環境工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。